

В.А. ЕВСТРАТОВ, д-р техн. наук; Т.А.ОПРИЩЕНКО, А.И. ХРИСТОФОРОВ, кандидаты техн. наук; С.С. ДЬЯЧЕНКО, д-р техн. наук

Разрушающие напряжения и термическая обработка пуансонов обратного выдавливания

Эффективность холодного выдавливания определяются стойкостью штампового инструмента. Вопросы рентабельности особенно остро стоят для обратного выдавливания, в процессе которого штамповая оснастка воспринимает наиболее значительные нагрузки по сравнению с остальными методами холодной объемной штамповки. При этом в самых тяжелых условиях работают пуансоны, так как сжимающие напряжения, которые они испытывают, достигают 2500 МПа. Именно поэтому срок службы пуансонов, в основном, не превышает 10-20 тыс. циклов нагружения, а проблема повышения их стойкости остается крайне актуальной.

Чтобы повысить долговечность пуансонов, необходимо знать причину выхода из строя. Анализ поломок пуансонов обратного выдавливания, проведенный на заводах Украины и России, показал, что такие пуансоны подвержены хрупкому разрушению по наступлению износа.

По мнению авторов работ [1-5], разрушение пуансонов происходит из-за чрезмерных изгибающих нагрузок. В то же время, автор работы [6] считает, что изгибающими нагрузками можно пренебречь ввиду их небольших значений, а характеристики, полученные при испытании на изгиб, могут не учитываться при расчете инструмента на прочность; истинной же причиной разрушения является слишком высокий уровень напряжений сжатия при прямом ходе пуансона.

Таким образом, имеющиеся в литературе сведения о природе разрушающих нагрузок касательно пуансонов обратного выдавливания достаточно противоречивы.

Изучение нескольких тысяч вышедших из строя пуансонов обратного выдавливания в различных технологических процессах показало, что форма излома у разрушенных пуансонов, в основном, бывает двух видов: когда плоскость разрушения расположена под углом к образующей пуансона (рис. 1, 1) и когда она перпендикулярна этой образующей (рис. 1, 2).

Однако, как оказалось, даже в одном технологическом процессе на разных переходах форма излома может быть различна. Например, при обратном выдавливании тормозной втулки велосипеда деформирование происходит за два перехода (рис. 2). Размеры и форма пуансонов I и II переходов практически одинаковы, однако разрушаются они по-разному. Типичный излом на I переходе аналогичен излому на рис. 1.1, а типичный излом на II

переходе - излому на рис. 1.2. В обоих случаях разрушение начинается на границе рабочей и посадочной частей инструмента.

Исследование средней стойкости пуансонов, проводимое в течение ряда лет, показало, что она также неодинакова для I и II переходов.

Долговечность пуансонов I перехода меньше и в среднем составляет 7 тыс. циклов нагружения, а пуансоны II перехода выдавливают до разрушения 20 тыс. деталей. Для примера в таблице приведен разброс значений стойкости контрольной партии пуансонов.

Как известно [6-7], при прямом ходе пуансонов испытывает значительные сжимающие напряжения, а при обратном – растягивающие. Причем, если напряжения сжатия будут превышать предел текучести при сжатии материала пуансона, то в микрizonaх пуансона, находящегося в металлической матрице, произойдет пластическая деформация. При обратном ходе инструмента из-за растяжения в этих зонах будут зарождаться трещины, которые и приведут к разрушению. В работе [6] показано, что форма излома, аналогичная форме излома на рис. 1.2, свидетельствует о выходе пуансона из строя из-за циклических сжимающе-растягивающих нагрузок. Следовательно, в этом случае для повышения стойкости пуансонов необходимо повышать сопротивление сжатию его материала.

При проведении стандартных испытаний на изгиб обнаружено, что форма излома цилиндрических образцов аналогична форме излома пуансонов на рис.1.1. Это позволило предположить, что такой инструмент выходит из строя вследствие чрезмерных изгибающих напряжений. Подтверждением может служить и более низкий уровень стойкости на I переходе, так как известно [5], что изгибающие напряжения, возникающие дополнительно к основным сжимающим, значительно снижаются долговечность пуансонов.

Таким, образом, дифференцированный подход к анализу поломок пуансонов необходим не только в различных технологических процессах, но и на разных переходах. Это утверждение объясняет противоречивость мнений авторов работ [1-5] и [6] о природе разрушающих напряжений, так как в каждой работе рассматривался только конкретный случай.

Как уже было отмечено, пуансоны обратного выдавливания подвержены хрупкому разрушению до наступления износа, поэтому для повышения их стойкости необходимо применять объемное упрочнение, что может обеспечить рационально подобранная термическая обработка.

В качестве материала пуансонов обратного выдавливания широко используют высокопрочные быстрорежущие стали, среди которых наиболее распространена сталь Р6М5. Разработанный принцип выбора параметров отпуска быстрорежущей стали был применен к термической обработке пуансонов холодного выдавливания.

Стойкость пуансона на I переходе при деформировании тормозной втулки велосипеда определяется уровнем изгибающих напряжений. Этим показателем принято пользоваться для сравнительной характеристики пластичности хрупких материалов [4]. Таким образом, для перехода I необходимо повышать пластичность материала пуансона. Для этого отпуск стали завершали на начальном этапе коагуляции карбидов отпуска. В результате предел прочности при изгибе $\sigma_{\text{и}}$ повысился на 6% по сравнению со стандартным режимом (закалка и двукратный отпуск при 560° С) - от 3000 до 3250 МПа. При этом твердость и предел текучести при сжатии $\sigma_{\text{и}}^{\text{с}}$ незначительно снизились – на 1 ед. HRC₃ и 200 МПа соответственно.

На II переходе стойкость пуансона определяется сопротивлением его материала циклическим сжимающе-растягивающим нагрузкам. Следовательно, для повышения долговечности инструмента необходимо увеличить $\sigma_{\text{и}}^{\text{с}}$. Разработанный режим отпуска позволил повысить твердость $\sigma_{\text{и}}^{\text{с}}$ на 1 – 1,5 ед. HRC₃ и 150 МПа соответственно по сравнению со стандартными показателями.

Опытные промышленные испытания показали, что средняя стойкость пуансонов I перехода составила 11 тыс. циклов нагружения, а пуансонов II перехода – 40 тыс. циклов, что соответственно в 1,6 и 2,0 раза выше стойкости пуансонов, термообработанных по стандартной технологии.

Выводы. Исследование причин выхода из строя пуансонов обратного выдавливания показало, что инструмент, изготовленный из быстрорежущей стали, хрупко разрушается от малоциклового усталости до наступления износа.

2. Пуансоны не только разных технологических процессов, но и разных переходов одного технологического процесса могут разрушаться от неодинаковых по характеру напряжений, поэтому необходим дифференцированный подход к анализу их поломок.

3. Различные причины выхода из строя пуансонов обратного выдавливания свидетельствуют о необходимости их различной термической обработки, которая, помимо обеспечения высокой циклической прочности и сопротивления хрупкому разрушению материала, должна повышать в одних случаях предел прочности при изгибе, а в других – предел текучести при сжатии быстрорежущей стали.

Список литературы

1. Евстратов В. А. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов. Харьков: Изд-во при Харьк. Ун-те. 1987. 144с.
2. Евстратов В. А., Куликов И. В., Иванов О. М. Влияние несоосности инструмента на характер деформации, силовой режим нагрузки, действующий на пуансон при выдавливании //Вестник Харьковского политехн. ин-та. 1977. №2. С. 29-30.

3. Ткемаладзе Г. Н. Усталостная прочность быстрорежущих сталей // Станки и инструмент. 1997. №2. С. 29 – 30.
4. Артингер И. Инструментальные стали и их термическая обработка: Пер. с венгер. М.: Металлургия. 1982. 312 с.
5. Холодная и полугорячая объемное штамповка на прессах: Методич. Рекомендации / В. А. Головин, В.А. Евстратов, Л. И. Рудман и др. М. , 1981. 73 с.
6. Еремин В. И. Исследование разрушения инструмента из высокопрочных штамповых сталей, применяемого для холодной объемной штамповки: Дис. ... канд. техн. наук. Харьков. 1981. 204 с.
7. Афанасьева Г. И., Евстратов В. А. О видах и причинах выхода из строя пуансонов для холодного выдавливания стальных деталей //Кузнечно-штамповое производство. 1974. №4. С. 7 – 10.